



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE GRACCHO CARDOSO, NORDESTE DE SERGIPE

SIMONE SORAIA SILVA SARDEIRO

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão-SE
2016

Simone Soraia Silva Sardeiro

**MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE
GRACCHO CARDOSO, NORDESTE DE SERGIPE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Orientadora: Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa

Coorientadora: Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade

São Cristóvão-SE
2016

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S244m Sardeiro, Simone Soraia Silva
Modelagem digital de terreno do município de Graccho
Cardoso, nordeste de Sergipe / Simone Soraia Silva Sardeiro ;
orientadora Maria de Lourdes da Silva Rosa. – São Cristóvão,
2016.
42 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias)
– Universidade Federal de Sergipe, 2016.

1. Geociências. 2. Geomorfologia – Graccho Cardoso (SE).
3. Mapeamento digital. 4. Sistemas de informação geográfica. I.
Rosa, Maria de Lourdes da Silva, orient. II. Título.

CDU 551.43:528.8(813.7)

MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE GRACCHO CARDOSO, NORDESTE DE SERGIPE

por:



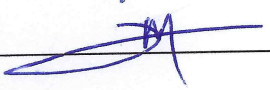
Simone Soraia Silva Sardeiro
(Geógrafa, Universidade Federal de Sergipe – 2005)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de:

MESTRE EM GEOCIÊNCIAS

BANCA EXAMINADORA:

	Dra. Maria de Lourdes da Silva Rosa [Orientadora – UFS]
	Dr. Carlos Dinges Marques de Sá [UFS]
	Dr. Herbet Conceição [UFS]

Data Defesa: 31/08/2016

DEDICATÓRIA

"Obrigada por me desassossegar as ideias.

*Obrigadíssima por me trazer para a luz que
deixa para sempre cicatrizes do bem.*

Obrigada por fazer um belo uso das palavras.

*Obrigada por dizer SECAMENTE que a vida às
vezes é falha."*

AGRADECIMENTOS

Agradecimento é algo muito difícil de escrever, são tantas as referências das mais improváveis situações que fica custoso não ser injusta deixando de citar alguém. Mas, para o meu bem, algo tem que ser declarado, já que posso me arrepender mais tarde de não ter feito. Só não vou enumerar, dizer aquelas coisas primeiramente agradeço, blábláblá... Irei citando as pessoas à medida que as ideias aparecem em minha cabeça.

Assim, inicio falando da minha querida orientadora, que me orientou de verdade, não somente nessa dissertação, mas também para a vida fora dela. Ensinou-me com toda a ternura, que ela é capaz de demonstrar (risos), que foco é algo que faltava em mim. A Profa. Maria de Lourdes Rosa foi a primeira pessoa que me deu a chance de aprender, incondicionalmente, a ser produtiva. Ela me trouxe a alegria de ser uma pesquisadora de verdade e plantou a sementinha dentro de mim da vida acadêmica. Certa vez, brinquei com ela que estava com síndrome de Estocolmo, nome normalmente dado a um estado psicológico particular em que uma pessoa, submetida a um tempo prolongado de intimidação, passa a ter simpatia e até mesmo sentimento de amor ou amizade perante o seu agressor. No caso aqui, "o agressor" é o tema que escolhi fora da minha área de conforto, a Geografia Física.

A minha "futura" amiga, assim que terminar esta dissertação, atual co-orientadora, a professora Ana Claudia Andrade, pela paciência que teve em me ensinar um pouquinho de Geologia. Obrigada por, com a finesse que lhe é própria, ensinar-me a ter calma e a aprender a escutar.

A pessoas como Edson "Luís", Shauane, Rosany, Alice, Tiago, o professor Herbert e o professor Del-Rey, por terem me seduzido com o entusiasmo que encaram a arte de fazer ciência. Com toda a sinceridade, como eu admiro e sinto cócegas ao vê-los trabalhando ou falando sobre temas que lhes encantam.

Ao meu maridinho... Thiago, um virginiano detalhista que me ensina a ter foco, a parar quieta e concentrar. Algo muito difícil para mim que sou uma geminiana inquieta e entusiasta de tudo.

Aos amores da minha vida, cada um em sua função: meu pai, minha mama e Dioguito. Se eu for descrever cada um e como cada um contribuiu, seria injusta descrevendo algo tão complexo, minha família amada.

À Pri, que me fez companhia, uma amiga que conquistei e que facilitou minha vida no Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias.

Acho que é isso, agradeço a todos com que convivi, às amizades que fiz... aos desafios que fui estimulada a enfrentar!

RESUMO

No ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas, o Modelo Digital de Terreno (MDT) representa, de maneira matemática, uma feição natural que ocorre na superfície terrestre. A proposta dessa dissertação foi confeccionar um modelo digital de terreno para o município de Graccho Cardoso, na escala aproximada de 1:65.000, e analisar os seus produtos (mapa de curva de nível, mapa de declividade, modelo sombreado, mapa geomorfológico e mapa geológico sobrepostos ao modelo digital de terreno). O município de Graccho Cardoso está localizado na região norte do Estado de Sergipe, a cerca de 120 km de distância de Aracaju. A área de estudo foi selecionada por apresentar diversidade geomorfológica e geológica e, dispor de Imagens de Satélite (SRTM) com boa resolução para a escala de trabalho escolhida. A região de Graccho Cardoso ocorre em cotas variando entre de 140 m e 280 m de altitude, onde predomina o padrão de drenagem dendrítico. O seu relevo está sob o processo de aplainamento e pediplanação. Sua declividade varia entre 0 % a mais de 75 %. Onde existe um predomínio ondulado, o ângulo de inclinação varia entre 3 a 45%. Tem-se um sombreado mais marcante onde se encaixam os canais fluviais, mostrando que o índice de entalhamento, ou grau de dissecação, é mais acentuado. Possui dois tipos de morfoestruturas: Remanescentes de Raízes de Dobramentos (Sistema Orogênico Sergipano do Proterozóico) e, Bacias e Coberturas Sedimentares (Formações Superficiais do Fanerozóico). Os resultados obtidos pela integração dos diversos mapas mostram-se muitos similares com os dados tradicionais de levantamentos cartográficos.

Palavras-Chave: Modelo Digital de Terreno, Graccho Cardoso, Sergipe

ABSTRACT

In the Geographic Information Systems platform, Digital Terrain Model (DTM) is a mathematical way, to show a natural feature that occurs in the Earth's surface. The purpose of this dissertation was to build a digital terrain model for the municipality of Graccho Cardoso, approximate scale 1:65.000, and analyze their products (contour map, slope map, shading map, and geological and geomorphological maps superimposed on the digital terrain model). The city of Graccho Cardoso is located in the north of the state of Sergipe, at about 120 km away from Aracaju. The study area was selected to present geomorphological and geological diversity and have Satellite Images (SRTM) with good resolution for the selected working range. Graccho Cardoso occurs in quotas ranging between 140 m and 280 m above sea level, where the predominant pattern dendritic drainage. Since its relief is under the process planing and pediplanation. Its steepness varies from 0% to over 75%. Where there is a predominance with the angle of inclination between 3 and 45%. It has been more remarkable shading which fit fluvial channels, showing that the notching index or grain dissection is more pronounced. It has two types of morphostructures: Remnants Fold Roots (Sergipano Orogenic System – Proterozoic) and Sedimentary Basins and Covers (Superficial Formations – Fanerozoic). The results obtained by integration of the various maps shows up very similar to many traditional data mapping surveys.

Keywords: Digital Terrain Model, Graccho Cardoso, Sergipe

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	4
AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
SUMÁRIO	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
LISTA DE ABREVIATURAS	11
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	12
I.1. Apresentação	13
I.2. Localização de Área	14
I.3. Justificativa	16
I.4. Objetivo	16
I.5. Estruturação da Dissertação	17
CAPÍTULO II – MATERIAIS & MÉTODOS	18
II.1. Introdução	19
II.2. Levantamento Bibliográfico e Cartográfico	19
II.3. Elaboração do Modelo Digital do Terreno	20
II.3.1. Mapa de Rede de Drenagem	21
II.3.2. Mapas de Curva de Nível e Hipsométrico	21
II.3.3. Mapa de Declividade	21
II.3.4. Mapa de Relevo Sombreado	22
II.3.5. Mapa de Rugosidade	22
II.4. Interpretação dos Resultado	22

CAPÍTULO III – RESULTADOS & DISCUSSÃO	23
III.1. Introdução	24
III.2. Mapa de Curvas de Nível e Drenagem	24
III.3. Mapa Hipsométrico e Drenagem	24
III.4. Mapa de Declividade e Drenagem	27
III.5. Mapa de Rugosidade e Drenagem	29
III.6. Mapa de Relevo Sombreado	29
III.7. Mapa Morfoestrutural & Idade	32
III.8. Geomorfologia-MDT	32
III.9. Geologia-MDT	35
 CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	 38
IV.1. Conclusões Gerais	39
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de localização e acesso à área de estudo	15
Figura 2.	Mapa de Curvas de Nível e Drenagem	25
Figura 3.	Mapa Hipsométrico e Drenagem	26
Figura 4.	Mapa de Declividade e Drenagem	28
Figura 5.	Mapa de Rugosidade e Drenagem	30
Figura 6.	Mapa de Relevo Sombreado	31
Figura 7.	Mapa Morfoestrutural & Idade	33
Figura 8.	Mapa Geomorfologia-MDT	34
Figura 9.	Mapa Geologia-MDT	36

LISTA DE ABREVIATURAS

CPRM	Serviço Geológico do Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDT	Modelo Digital de Terreno
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos de Sergipe
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
TIM	Triangulated Irregular Network

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

I – APRESENTAÇÃO

Nas últimas décadas, os constantes avanços tecnológicos proporcionaram o desenvolvimento e uma maior aplicabilidade das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento nas Geociências. Assim, apoiada na utilização de *hardwares* e *softwares*, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), “a Ciência Cartográfica passa a se dedicar à automação do desenho” (Souza *et al.* 2004), dando origem à cartografia digital.

Dados como altitude, declividade e, orientação de vertente são utilizados em ambiente de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para diversas aplicações nas Geociências. Os sistemas de informações geográficas constituem bancos de dados georreferenciados que permitem a integração de dados: de sensoriamento remoto, temáticos, cadastrais, tabulares e de modelagem digital de terreno (Rocha 2000).

No ambiente SIG, o Modelo Digital de Terreno (MDT) representa, de maneira matemática, uma feição natural que ocorre na superfície terrestre. Pode-se identificar o relevo com base em variáveis morfológicas, relacionadas às feições geométricas da superfície terrestre (Zhou & Tang 2008). A aplicação desta técnica possibilita uma análise de menor custo e maior rapidez, visto que os métodos tradicionais de levantamentos cartográficos possuem um custo maior, e também, demandam maior tempo.

Um sistema de modelagem digital de terreno, tem como objetivo extrair informações úteis para análises espaciais, e compreende (Zhou & Tang 2008): a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse; a criação do modelo digital; e a delimitação de processamentos de análises sobre os modelos.

As análises desenvolvidas sobre um modelo digital de terreno permitem: gerar imagens de nível de cinza, imagens sombreadas e imagens temáticas; perfis sobre trajetórias predeterminadas. E dessa forma, extrair informações para a confecção de mapas de: declividade, exposição, drenagem, curva de nível e localização. Estes resultados podem ser integrados com outros tipos de dados geográficos, e utilizados para o planejamento urbano e rural, a análise de uso da terra, a determinação de áreas de riscos e a geração de relatórios de impacto ambiental.

A proposta dessa dissertação é confeccionar um modelo digital de terreno para o município de Graccho Cardoso, na escala aproximada de 1:65.000, e analisar os seus produtos (mapa de curva de nível, mapa de declividade, mapa de curva de nível, modelo sombreado, e mapas geológico e geomorfológico sobrepostos ao modelo digital de terreno).

II – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Graccho Cardoso está localizado na região norte do Estado de Sergipe, à cerca de 120 km de distância de Aracaju (Fig. 1A). Este limita-se a norte com os municípios de Itabi, Gararu e Canhoba, a oeste com Nossa Senhora da Glória, a sul com Feira Nova e Cumbe e a leste com Aquidabã. O município compreende parte das bacias hidrográficas: do rio São Francisco, do rio Japaratuba e do rio Sergipe (SRH 2014; Fig. 1B).

Este município ocupa uma área de 236,2 km², totalmente contida na folha topográfica Graccho Cardoso (SC.24-Z-B-I), de escala 1:100.000. A sede situa-se a uma altitude de 280 m, e está geograficamente determinada pelas coordenadas 10°13'41" de latitude sul e 37°11'49" de longitude oeste. As principais vias de acesso são as rodovias estaduais SE-170 e SE-220, que ligam Graccho Cardoso à Nossa Senhora da Glória e à Aquidabã, respectivamente. Graccho Cardoso encontra-se no médio Sertão Sergipano e possui predominantemente características de relevo dissecado em colinas (Jatobá 1998).

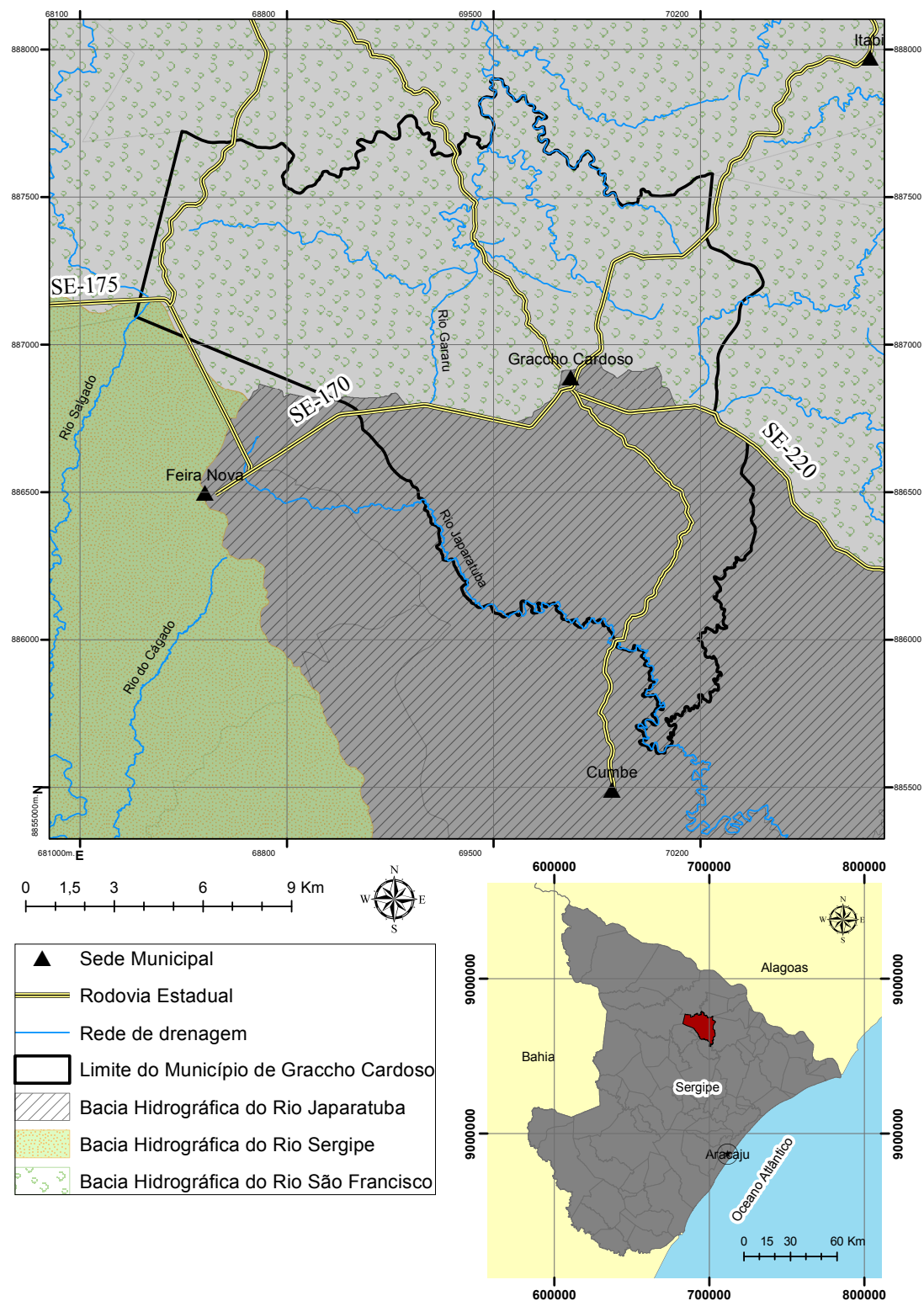


Figura 1. (A) Localização do município de Graccho Cardoso no Estado de Sergipe. (B) Bacias hidrográficas que compõem o município de Graccho Cardoso (SRH 2014).

III – JUSTIFICATIVA

Antes do desenvolvimento deste trabalho, o município de Graccho Cardoso foi estudado por projetos de cunho regional (RadamBrasil 1983; Santos *et al.* 1998). O projeto RADAM, criado na década de 70, teve a missão de cobrir todo o território brasileiro, o que permitiu um completo mapeamento cartográfico, geológico, geomorfológico, pedológico, de vegetação e do potencial de uso da terra. Com o auxílio de um avião equipado com radar e instrumentos específicos, obtiveram-se imagens por sensoriamento remoto em escalas de 1:1.000.000 e 1:250.000.

A proposta desta dissertação é a modelagem digital de terreno deste município em escala mais detalhada (aproximadamente 1:65.000). Esta região foi escolhida por:

- Apresentar diversidades geomorfológica e geológica em uma área pequena.
- Dispor de Imagens de Satélite com boa resolução para a escala de trabalho escolhida.

IV – OBJETIVOS

Este estudo objetiva elaborar o Modelo Digital de Terreno do município de Graccho Cardoso, na escala aproximada de 1:65.000.

Objetivos Específicos

- Elaborar o mapa de relevo sombreado para visualização, de superfícies rebaixadas e/ou elevadas.
- Confeccionar o mapa de declividade.
- Elaborar os mapas de drenagens e curva de nível.
- Sobrepor os mapas de geologia e geomorfologia (RadamBrasil 1983) ao modelo digital de terreno.

V – ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Os dados levantados a partir deste estudo foram reunidos, tratados e interpretados com a finalidade de extrair as informações necessárias para o desenvolvimento desta dissertação, estruturada em quatro capítulos:

- Introdução: apresenta o tema, aborda os objetivos e a justificativa do estudo, e apresenta a localização da área.
- Materiais & Métodos: apresenta a metodologia que foi desenvolvida o trabalho.
- Resultados & Discussão: discorre sobre os resultados obtidos e os discute.
- Considerações Finais: lista as principais conclusões obtidas nesse estudo, e faz sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 11: MATERIAIS & MÉTODOS

II.1 – INTRODUÇÃO

Visando alcançar os objetivos propostos foi desenvolvida uma metodologia que envolveu a obtenção, análise e a interpretação dos dados obtidos. Para tanto, o trabalho constou de três etapas de atividades: (i) levantamento bibliográfico e cartográfico; (ii) elaboração de Modelo Digital de Terreno dos diversos temas; e (iii) interpretação dos resultados.

II.2 – LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico constou da obtenção de dados sobre o município de Graccho Cardoso (geológico, geomorfológico e hidrográfico) com o objetivo de sustentação do arcabouço teórico da pesquisa. Além disso, foram utilizados como fonte de informação para essa pesquisa textos acadêmicos e livros com a temática de SIG, sensoriamento remoto, para um aprofundamento do conhecimento e assim facilitar a elaboração dessa pesquisa (p.ex. Argento 2008, Kohler 2001, Theler & Reynard 2011, Xavier 2011).

Para entender e poder descrever as principais formas e compartimentação do relevo, considerando as diferentes unidades taxonômicas, tomou-se como base os trabalhos do RadamBrasil (1983), do IBGE (2008) e da CPRM (2014).

O levantamento de materiais cartográficos foi iniciado com a obtenção da *shape* vetorial dos limites municipais e povoados (SRH 2014), e imagem de satélite *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) para processamento de dados *raster*, polígono de informação geológica (Teixeira 2014) e geomorfológica que encontram-se disponíveis no site do Serviço Geológico do Brasil (CPRM 2014).

II.3 – ELABORAÇÃO DO MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT)

O modelo digital de terreno (MDT) auxilia na visualização da superfície terrestre em 3D (Lisle *et al.* 2014) e foi obtido com dados do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

O SRTM resultou de um projeto conjunto realizado pela *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), com o objetivo de produzir um modelo topográfico digital de alta resolução para a Terra (NASA 2004). A missão cobriu cerca de 80% da superfície terrestre com resolução espacial de aproximadamente 30 m para os EUA e 90 m para o resto do mundo. Os dados SRTM da América do Sul estão disponíveis desde agosto de 2003 (Valeriano 2008).

A resolução dos dados SRTM pode ser modificada através de métodos de interpolação. Valeriano (2008) cita dois métodos: linear e krigagem. Nessa pesquisa, visando maior detalhamento da área investigada, foi utilizado o método de krigagem, que obteve uma resolução de 30 m. O sistema de referência dos dados geoespaciais utilizado foi o WGS84.

Neste trabalho, visando alcançar os objetivos, o MDT foi obtido através da aquisição das imagens SRTM e do Google Earth Pro[®], analisado através do Qgis (2.14.0), e processados através da plataforma ArcGis (10.2 – Licença E204 06/13/2014).

II.3.1 MAPA DE REDE DE DRENAGEM

Para a extração de rede de drenagem no ArcGis utilizou-se a ferramenta chamada *Hydrology*, que engloba algoritmos de análise espacial da hidrologia. Primeiro define-se a direção de fluxo e gera-se um *raster* contendo a direção do fluxo de cada célula. Utiliza-se, então, a ferramenta *Sink* para criar um *raster* identificando possíveis erros nos dados SRTM. Depois de identificar os erros, se preenche esses buracos através da ferramenta *Fill*. Elabora-se a acumulação do fluxo e para extrair a rede de drenagem é preciso limitar quantos pixels adjacentes devem formar os rios; estabeleceu-se 500 *pixels*. Por último, transformou-se a drenagem que está em *raster* para *Shapefile*. Momento onde a rede de drenagem foi criada e visualizada.

II.3.2 MAPAS DE CURVAS DE NÍVEL E HIPSOMÉTRICO

Para geração das curvas de nível utilizou-se a metodologia TIN (*Triangulated Irregular Network*) que consiste em algoritmos de triangulação. O TIN é formado por vértices ou nós que permite gerar a informação em áreas complexas, e dispersar em áreas mais homogêneas. O TIN inclui relacionamentos topológicos entre pontos e triângulos vizinhos. Cada ponto tem as suas coordenadas XY e um valor Z; no caso de MDT são as cotas de altitudes.

Para triangular deve-se usar o módulo *3D Analyst* através funções no menu de ferramentas: *3D Analyst – Create/Modify TIN – Create TIN from Features*. Uma vez criado o TIN calcula-se a área da superfície, que são os valores de altitude de território analisados. Usa-se a ferramentas de conversão tridimensionais disponíveis em: *3D Analyst - Converter - TIN para Raster*.

Deve-se especificar os seguintes parâmetros: (i) TIN de entrada; (ii) Atributo; (ii) Factor Z; e (iv) Tamanho da Célula. O programa insere um valor que muitas vezes tem de ser modificado de acordo com a escala de trabalho. Neste estudo utilizou-se o tamanho de 10 metros. As imagens geradas através da ferramenta TIN serviram para o reconhecimento das variáveis altimétricas e de declividade, e também para a criação do Mapa Hipsométrico.

II.3.3 MAPA DE DECLIVIDADE

A declividade corresponde aos desníveis do terreno. Para elaboração de modelos digitais onde se leva em consideração a análise de informação sobre altitude e morfologia, e para criar mapa de declividades faz-se necessário o uso de dados topográficos da imagem SRTM. A Obtenção do MDT, foi feita pela ferramenta *3D Analyst*. Para a criação de MDT utilizou-se a extensão 3D, na ferramenta *Spatial Analyst* no ambiente SIG ArcGis. O ArcGis fornece a declividade em graus ou porcentagem. Neste trabalho obteve-se a declividade em porcentagem.

II.3.4 MAPA DE RELEVO SOMBREADO

Utiliza-se o Sombreado Topográfico (*Hillshade*), que mostra o grau de iluminação de *pixels* de acordo com duas posições: (i) uma com relação a orientação ou o ângulo do azimute; e (ii) outra sobre a luz solar de ângulo de elevação ou sobrecarga, o que, por padrão, são muitas vezes utilizados 45° de elevação Solar e 315° de orientação.

II.3.5 MAPA DE RUGOSIDADE

A rugosidade do terreno é determinada pela altura, espaçamento e característica dos elementos distribuídos sobre a superfície do terreno. O Índice de Concentração de Rugosidade - ICR gera uma série de dados numéricos, que foram transcritos visualmente em mapas utilizando-se o *soft* Qgis. O índice de rugosidade representa a ação da superfície terrestre na redução do momento e absorção do impacto dos ventos. E considera-se os seguintes elementos de rugosidade: árvores, morros, rios, vales, prédios, etc.

II.4 – INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

Os mapas temáticos gerados pelo MDT foram sobrepostos aos mapas geológico e geomorfológico do Município de Graccho Cardoso da CPRM (2014), permitindo assim relacionar o modelo 3D com a geologia e a geomorfologia da área investigada. Os mapas temáticos obtidos nesse trabalho foram impressos na escala aproximada de 1:65.000.

CAPÍTULO III: RESULTADOS & DISCUSSÃO

III.1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo os mapas de Declividade, Hipsometria e Drenagem, Rugosidade, Curva de Nível e Drenagem, Relevo Sombreado, Geomorfologia-MDT e Geologia-MDT, serão apresentados e os principais resultados serão discutidos de forma sequenciada.

II.2 MAPA DE CURVAS DE NÍVEL E DRENAGEM

Nesta mapa (Fig. 2) observa-se o arranjo do padrão da rede de drenagem e o seu reflexo na morfologia do relevo. Foi construído um mapa temático de desníveis topográficos expressos pelas curvas de nível de 20 m. As cotas mais baixas estão em torno de 130 m de altitude e as cotas mais altas por volta de 280 m.

No mapa de curva de nível é possível observar que o município de Graccho Cardoso é cortado por dois cursos fluviais principais: rios Japarutuba e Gararu. A baixa amplitude altimétrica reflete que o relevo deste município está sob o processo aplainamento e pediplanação, caracterizado pela predominância de modelados de dissecação homogênea.

III.3. MAPA DE HIPSOMETRIA E DRENAGEM

O mapa hipsométrico do município de Graccho Cardoso mostra altitudes que variam de 130 m, nas áreas mais baixas, a 280 m, nas áreas mais altas (Fig. 3). As áreas mais elevadas situam-se a noroeste e nordeste da área investigada, enquanto que as áreas mais baixas se localizam no fundo dos vales. A sede municipal se localiza em altitude média de 240 m.

A rede de drenagem usando as imagens SRTM foi extraída automaticamente e está mostrada na Fig. 3. E para validar essa informação, foram plotados os dados de rede de drenagem do SRH (2014), que também serviram para identificar os principais rios do município.

Mapa de Curva de Nível - Drenagem Graccho Cardoso-SE 2016

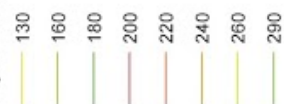


Figura 2



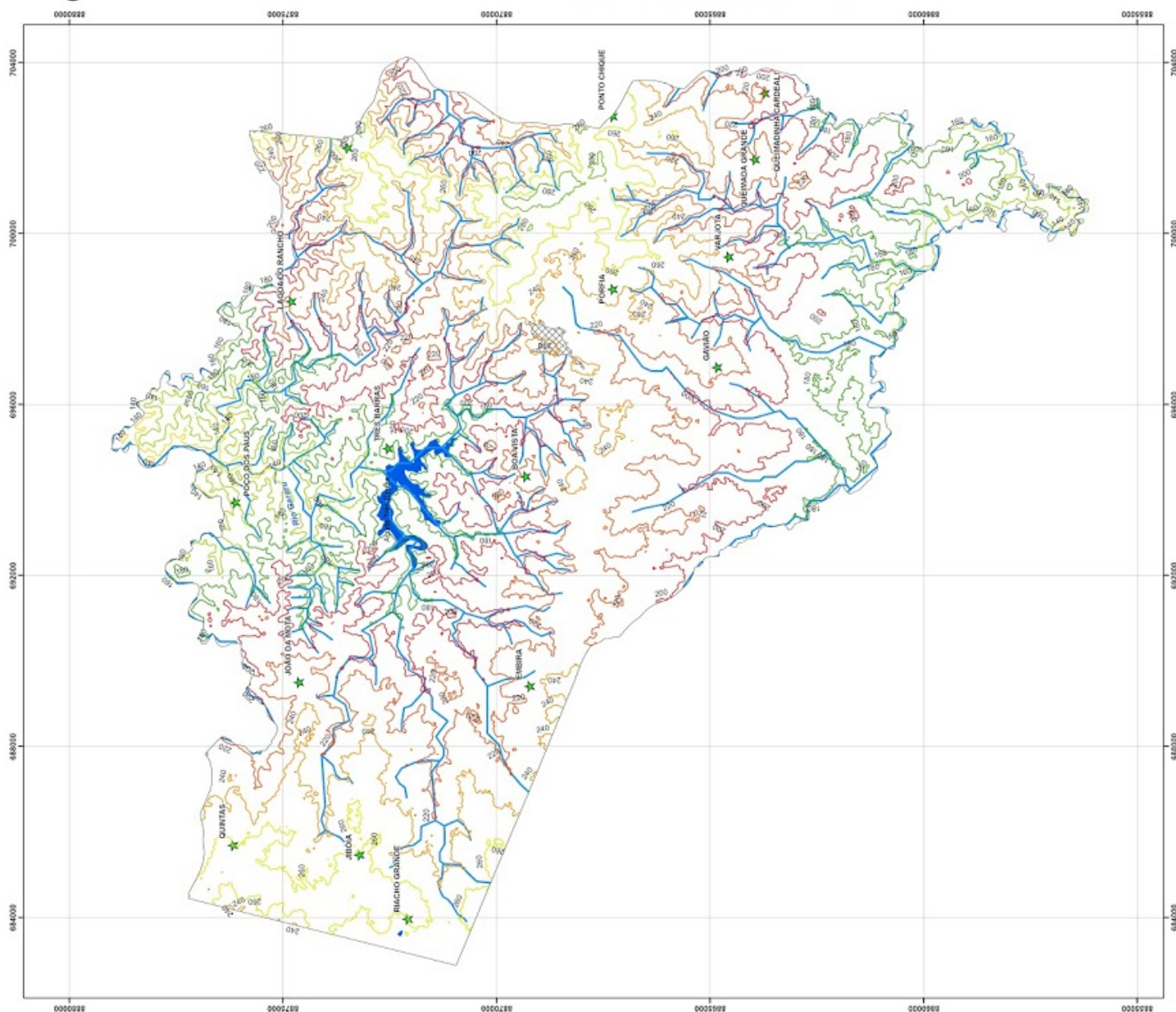
Curva de Nível (SRTM)

Equidistância (m)



Executora: Simone Sardelo

Fonte de Dado Raster:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.
Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.



Hipsometria - Drenagem Graccho Cardoso-SE 2016

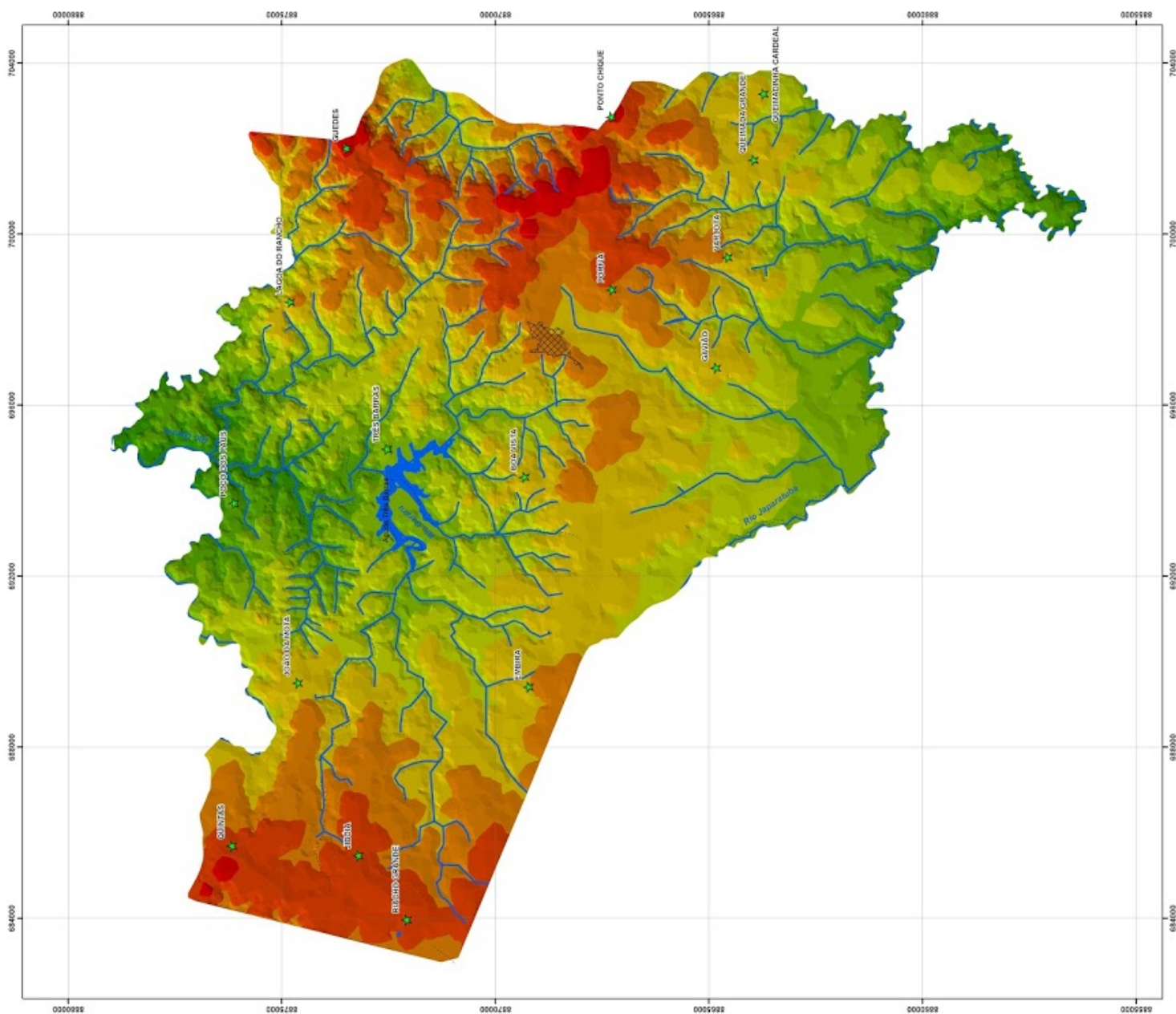
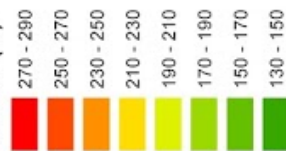


Figura 3



- ★ Localidade
- Rede de Drenagem (SRTM)
- Rede de Drenagem (SRH)
- ▨ Sede Municipal de Graccho Cardoso

Altitude (m)



Executora: Simone Sardero

Fonte de Dado Raster:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.

Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.

O mapa de drenagem foi associado ao mapa hipsométrico e mostra um padrão dendrítico. A drenagem tracejada, *shape* extraído do mapa digital da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH 2014) do Estado de Sergipe, foi utilizada para comparar e, com isso, avaliar os resultados obtidos com a drenagem extraída automaticamente das imagens SRTM, processadas para essa dissertação.

O município possui como drenagem principal os rios Japaratuba e Gararu, afluentes do rio São Francisco. O Açude Três Barras, no rio Garraru, está localizado a noroeste da sede municipal, a cerca de 3 km. Em função do clima semiárido, trata-se de rios com baixa vazão, porém perenes. Em altitudes mais baixas, a drenagem torna-se intermitente, evidenciada por sulcos e ravinas destituídas de água nos períodos de estiagem.

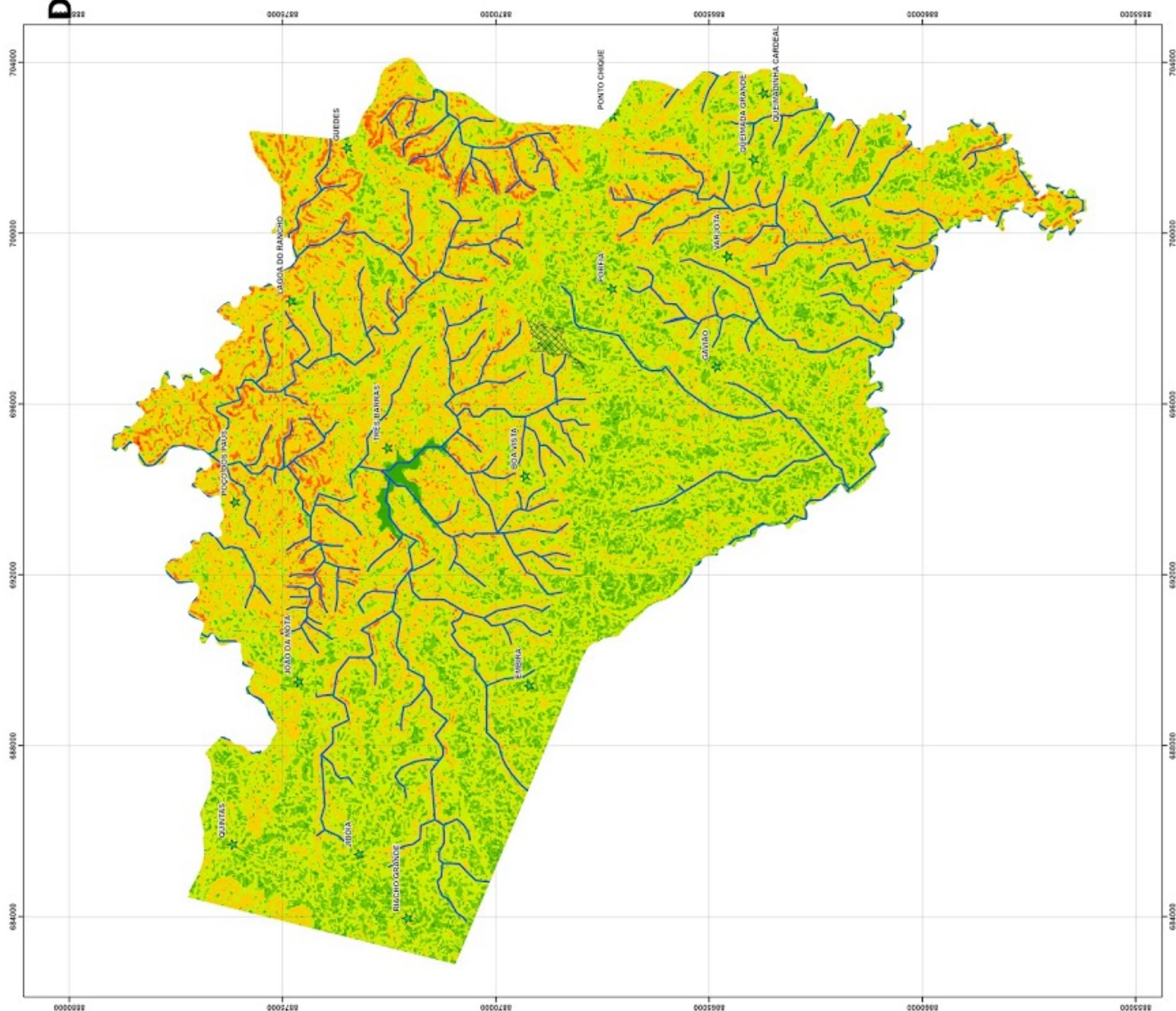
III.4 – MAPA DE DECLIVIDADE E DRENAGEM

A declividade no município de Graccho Cardoso (Fig. 4) varia entre 0 % a mais de 75 %, sendo classificada em muito baixa (Plano: 0 a 3 %), baixa (Suave Ondulado: 3 a 8 %), moderadamente baixa (Ondulado: 8 a 20 %), moderadamente (Forte Ondulado: 20 a 45 %), alta (Montanhoso: 45 a 75 %) e muito alta (Forte Montanhoso: > 75 %). Predominando a declividade tipo ondulada (3 a 45%).

A declividade classificada como moderadamente baixa a alta ocorre a nordeste e sudeste, nas áreas próximas às redes de drenagem do município. Quando se compara com o mapa hipsométrico (vide Fig. 2), verifica-se que os maiores ângulos de inclinação do terreno estão associados às menores altitudes. Isso mostra que apesar da baixa altitude, a drenagem apresenta-se encaixada em vertentes íngremes, com declividades moderadamente alta a alta (Christofolletti 1980, Cunha & Guerra 2003, Davis 2013).

Por outro lado, as áreas com menores declividades (Fig. 4) encontram-se associadas às maiores altitudes (vide Fig. 2), e correspondem aos divisores d'água dessas drenagens.

Declividade - Drenagem Graccho Cardoso-SE 2016



Executora: Simone Sardelero

Fonte de Dado Raster:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.

Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.

III.5. MAPA DE RUGOSIDADE E DRENAGEM

Como numa imagem de radar não se pode identificar com exatidão, quais são os diferentes elementos que agem no índice de rugosidade.

Aparentemente, o mapa de rugosidade representa/ressalta as áreas de menor e maior dissecação do relevo. Para o mapa de rugosidade (Fig. 5), foram atribuídas duas classes: baixa rugosidade (menor dissecação) e alta rugosidade (maior dissecação).

Quando se compara esse mapa com o mapa de declividade (vide Fig. 3), observa-se uma estreita relação entre eles. As áreas com maiores declividades e, portanto, alta rugosidade, encontram-se próximas às drenagens, concentrando-se predominantemente a nordeste e sudeste do município de Graccho Cardoso.

III.6 MAPA DE RELEVO SOMBREADO

Neste trabalho foi gerado um mapa temático usando luz e sombra para proporcionar uma aparência mais tridimensional (Fig. 6). Observa-se um sombreado mais marcante onde se encaixam os canais fluviais, mostrando que o índice de entalhamento, ou grão de dissecação é mais acentuado. Pode-se observar isso próximo no vale do Rio Gararu.

A outra área que pode-se também registrar um alto grau de sombreamento de dissecação é na área leste no município, na faixa entre os povoados Ponto Chique e Queimada Grande.

As áreas mais planas do município de Graccho Cardos se encontram a noroeste, próximo ao povoado de Quintas, João da Mota e Embira, em regiões que onde as drenagem são escassas.

This topographic map illustrates the Rio Negro drainage basin, a significant tributary of the Paraíba do Sul River. The terrain is characterized by a complex network of ridges and valleys, with the Rio Negro and its numerous tributaries (such as Rio Paraíba do Sul, Rio Claro, and Rio Piraí) highlighted in blue. The map is set against a grayscale topographic background and includes a coordinate grid. Key locations marked with green dots and labels include Barra Mansa, Piraí, Rio Claro, and various points along the river network. The map's orientation is horizontal, with the river flowing generally from the upper left towards the lower right.

Figura 5

Executora: Simone Sardello

Fonte de Dado Raster:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.

Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.

[illegible]

Fonte de Dado Raster:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.

Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.

III.7 – MAPA MORFOESTRUTURAL E IDADE

Para a análise da paisagem, utilizou-se pesquisa bibliográfica de cunho geológico, bem como técnicas de análise morfoestrutural comparativa (Ross 1990, 1992; Dramis *et al.* 2011; Furie 2013). Na análise morfoestrutural comparativa, litologias, elementos estruturais (fallhas e dobras) e topografia foram relacionadas por meio de geoprocessamento.

O município de Graccho Cardoso, segundo a nomenclatura do Radam Brasil (1983), possui dois tipos de morfoestruturas (Fig. 7): Remanescentes de Raízes de Dobramentos e, Bacias e Coberturas Sedimentares. Segundo Santos *et al.* (1998), e Conceição *et al.* (2016) e CPRM (2014) esses domínios correspondem ao Sistema Orogênico Sergipano e as Formações Superficiais. As áreas dobradas apresentam idades proterozóicas, enquanto que as formações superficiais são fanerozóicas.

III.8 – GEOMORFOLOGIA-MDT

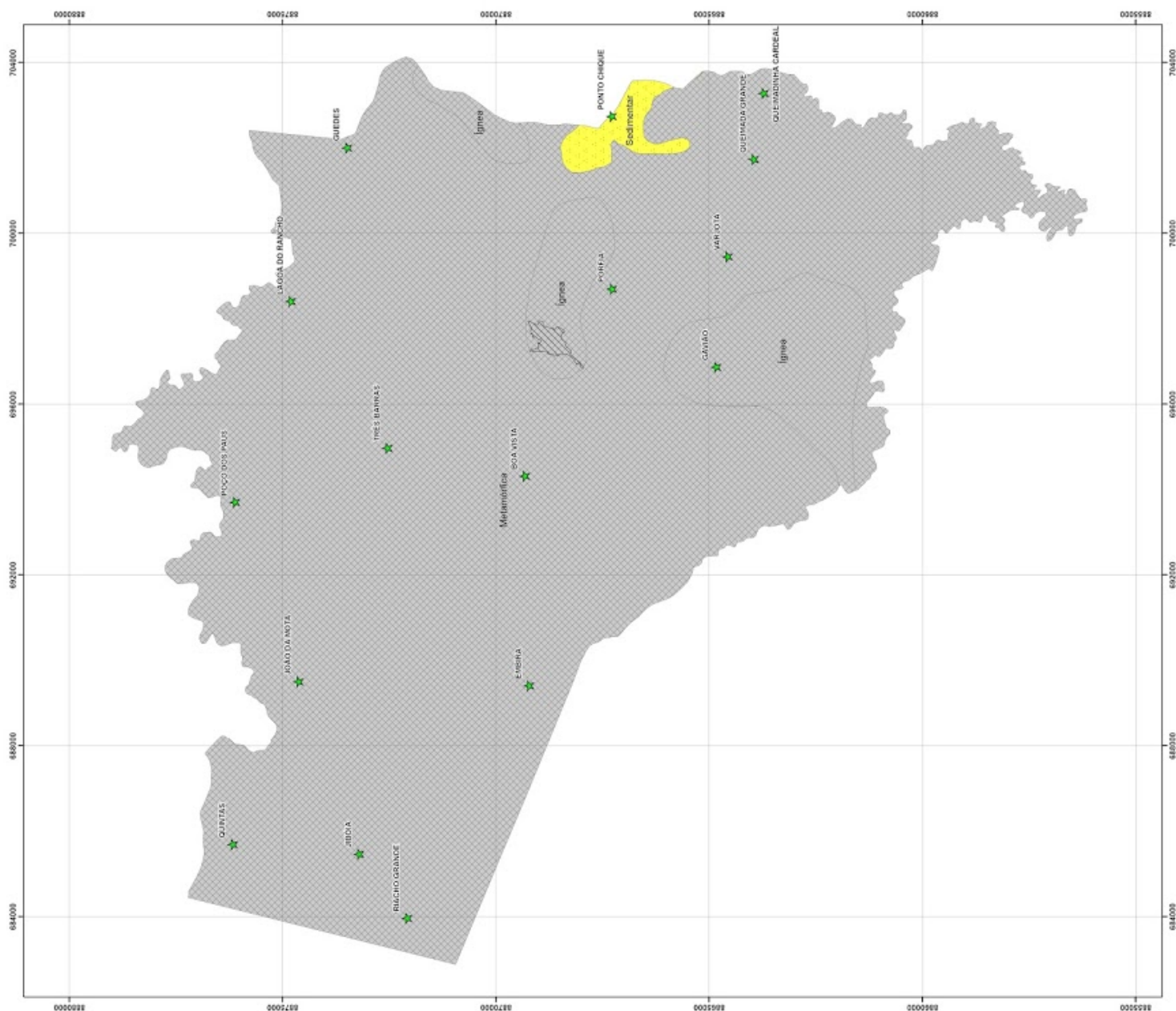
O município de Graccho Cardoso está inserido em dois grandes domínios morfológicos/morfoestruturais (RadamBrasil 1983): (i) Remanescentes de Raízes de Dobramentos, e (ii) Bacias e Coberturas Sedimentares (Fig. 8).

O Domínio dos Remanescentes das Raízes de Dobramentos corresponde ao conjunto de modelados resultante da erosão de terrenos antigos ao longo de diversos ciclos geotectônicos, caracterizando-se pela presença de vestígios dessas estruturas com ocasionais exposições de seus embasamentos (RadamBrasil 1983). Este domínio cobre quase que todo o território do município e apresenta características com uma maior amplitude altimétrica, que abrande os vales dos rios de menor altitude, à norte do município, próximo à localidade de Poço de Paus, até as maiores altitudes próximo à localidade Porfia, na porção no centro do município, e a noroeste, próximo às localidades de Quintas, Jiboia e Riacho Grande.

Morfoestrutural Idade - Rocha Graccho Cardoso-SE 2016



Figura 7



Executora: Simone Sardelo

Fonte de Dado Raster:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.
Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.

The figure is a geological map of the Rio de Janeiro area, showing topographic profiles A-B, B-C, and C-D. The map displays various geological units in different colors (red, yellow, green, brown) and includes labels for locations like Ponto Chique, Pão de Açúcar, and Morro da Providência. A detailed inset shows the topographic profiles with elevation scales and geological unit labels.

Topographic Profiles:

- A-B:** Rocha Metamórfica (Metamorphic Rock). Elevation scale: 0 to 1000 m.
- B-C:** Rocha Ígnea (Igneous Rock). Elevation scale: 0 to 1000 m.
- C-D:** Rocha Sedimentar (Sedimentary Rock). Elevation scale: 0 to 1000 m.

The inset also includes a legend for the geological units and a scale bar (0 to 1000 m).

Fonte de Dados Raschel:
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2015.
Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.

Fonte de Dado Vetor:
Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 2014.

As Bacias e Coberturas Sedimentares referem-se aos terrenos de origem sedimentar (RadamBrasil 1983). São encontradas no extremo nordeste do município, e está contida na região com maior altitude, e corresponde ao Grupo Barreiras de idade tércio-quaternária.

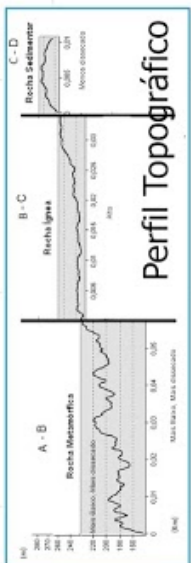
O MDT sobreposto ao Mapa Morfoestrutural (Fig. 7) mostra uma relação entre as unidades mapeadas: Domínio dos Remanescentes das Raízes de Dobramentos (Sistema Orogênico Sergipano do Proterozóico) e Bacias e Coberturas Sedimentares (Formações Superficiais do Fanerozóico).

III.9 – GEOLOGIA-MDT

O Sistema Orogênico Sergipano (Suíte Intrusiva Glória-Xingó e Grupo Macururé) é o domínio que se apresenta bastante dissecado, apresentando vertentes abruptas e forma morros com formas de domo. As rochas que o compõe podem ser associadas ao domínio morfológico Remanescentes de Raízes de Dobramentos (Fig. 9).

O Grupo Macururé foi definido por Silva Filho et al. (1979) como formado por uma unidade basal quartzítica, denominada Formação Santa Cruz, capeada concordantemente pela Formação Traipu-Jaramataia, uma sequência de filitos, xistos, gnaisses, metarenitos e metagrauvacas com intercalação de mármore, anfibolitos, quartzitos, metavulcânicas ácidas e rochas básicas. A Suíte Intrusiva Glória-Xingó compreende rochas granitóides que são subdivididas por Teixeira (2014) em duas subsuítas. A subsuíte Glória-Xingó-1 constitui-se por granitoides equigranulares a duas micas, contendo enclaves máficos. São rochas magnesianas, de quimismo cálcio alcalino de alto potássio e peraluminosas. A subsuíte Glória-Xingó-2 é representada por granitos a muscovita ou a duas micas, que ocorre como corpos individuais ou como diques.

Mapa de Geologia e MDT



Fonte de Dado Raster:

Ministério do Meio Ambiente, (MMA) RapidEye, 2015.

Fonte de Dado Vetor:

As Coberturas Superficiais (Bacias e Coberturas Sedimentares) (Fig. 9) estão representadas pelos tabuleiros esculpidos nos depósitos sedimentares do Grupo Barreiras do Tércio-Quaternários. Os depósitos sedimentares são caracterizados por grãos do tamanho argila a seixo, mal selecionados, com níveis cimentados por óxido de ferro.

Foi feito uma análise tentando observar o comportamento de três perfis topográfico dentro do município de Graccho Cardoso. Observa-se três tipos de características principais (Fig. 9):

- **Perfil A-B:** próximo às redes de drenagem, observa-se um perfil mais abrupto de vertente, com relevo mais dissecado pela ação dos canais fluviais. Corresponde as áreas de rochas metamórficas e ígneas, e topograficamente mais baixas (160 m a 240 m).
- **Perfil B-C:** neste recorte topográfico se encontra um relevo mais aplainado de Graccho Cardoso. A média de altitude nessa região é entre 230 m e 260 m. Este recorte do perfil topográfico possui uma extensão pequena e tem característica geral côncava.
- **Perfil C-D:** no extremo leste, onde se encontra o Bacias e Coberturas Sedimentares, está localizada a área mais alta (260 m a 280 m) do Município de Graccho Cardoso. Observa-se um comportamento de feição com perfil geral convexo para cima.

CAPÍTULO IV: CONSIDERAÇÕES FINAS

IV.1 – CONCLUSÕES GERAIS

Os dados obtidos durante a realização desta pesquisa permitem tecer as seguintes conclusões gerais sobre o município de Gracho Cardoso:

- Este ocorre em cotas variando entre de 140 m e 280 m de altitude. Sendo cortado por dois cursos fluviais principais, rios Japaratuba e Gararu, onde domina o padrão dendrítico. E que o relevo deste município está sob o processo aplainamento e pediplanação.
- A declividade varia entre 0 % a mais de 75 %. Onde a existe um predomínio ondulado com o ângulo de inclinação entre 3 a 45%. As áreas com maiores declividades têm alta rugosidade, e encontram-se próximas às drenagens.
- Tem-se um sombreado mais marcante onde se encaixam os canais fluviais, mostrando que o índice de entalhamento, ou grão de dissecação é mais acentuado. As áreas mais planas do município encontram-se a noroeste, associadas a uma diminuição das drenagens.
- Encontra-se inserido em dois grandes domínios morfológicos/morfoestruturais (i) Remanescentes de Raízes de Dobramentos, e (ii) Bacias e Coberturas Sedimentares. Estes correspondem a Sistema Orogênico Sergipano (Proterozóico) e às Formações Superficiais (Fanerozóico), respectivamente. E demonstra uma correlação entre as geologia e as feições geomorfológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argento M.S.F. 2008. Mapeamento Geomorfológico. In: Guerra A.J.T., Cunha S.B. (orgs). Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 365-391.
- Christofolletti A. 1980. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 188p.
- Conceição J.A., Rosa M.L.S., Conceição H. 2016. Sienogranitos leucocráticos do Domínio Macururé, Sistema Orogênico Sergipano, Nordeste do Brasil: Stock Glória Sul. Brazilian Journal of Geology, 46(1): 63-77.
- CPRM. 2014. Projeto Geologia do Brasil, Geobank. Disponível em geobank.cprm.gov.br/ e acessado em: 16/04/2015.
- Cunha S.B. and Guerra A.J.T. 2003. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 392p.
- Davis W.M. 2013. O Ciclo Geográfico. Revista campineira de geografia, tradução do original. Volume 3, numero 1. < <http://agbcampinas.com.br/bcg/index.php/boletim-campineiro/issue/view/v.%203,%20n.%2013>.
- Dramis F., Guida D., Cestari A. 2011. Nature and aims of geomorphological mapping. In Geomorphological mapping: methods and applications. Smith MJ, Paron P, Griffiths J (eds.). Elsevier: London, p. 39-74.
- Furrie M., Souza A., Nóbrega, W. R., Valadares D. N., Santos A.D.G. 2013. A geomorfologia, uma reflexão, Cadernos do Logepa v. 8, n. 1-2, p. 37-53, jan./dez. 2013 ISSN: 2237-7522
- IBGE. 2008. Manual Técnico de Geomorfologia. Coordenadores: Nunes, B. de A, Ribeiro, M.I. de C., Almeida, V.J. de, Natali Filho, T. Série Manuais Técnicos em Geomorfologia n. 5. Fundação IBGE, R. de Janeiro, p. 112.
- Jatobá L. and Lins R.I.C. 1998. Introdução à Geomorfologia. Recife, Bagaço, 165p.
- Kohler H. C. 2001. A escala na análise geomorfológica. Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, 2, 21-33.
- Lisle R.J., Brabham P.J., Barnes J.W. 2014. Mapeamento Geológico Básico. Guia Geológico de Campo. Porto Alegre, Bookman, 248 p.
- RadamBrasil. 1983. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Folhas SC.24/25, 1:1.000.000 Aracaju/Recife Rio de Janeiro, escala 1:1.000.000, volume 30, 30: 850-855.
- Rocha C.H.B. 2000. Geoprocessamento Tecnologia. Juiz de Fora/Minas Gerais. .ed. do autor
- Ross J.L.S. (1990). Geomorfologia, Ambiente, Planejamento. São Paulo/SP, Contexto, 85 p.

- Ross J.L.S. 1992. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, n. 6, p. 17-29.
- Santos R.A, Souza J.D.I., Martins A. 1998. Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado de Sergipe, mapas. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. 156 p.
- Silva Filho M.A., Santana A.C., Silva B.C.E., Andrade Filho E.L., Souza G.T.M., Figueroa I., Bonfim L.F.C., Braz Filho P.A., Santos R.A., Azevedo R.R., Leal R.A. 1979. *Geologia da Geossinclinal Sergipana e do seu embasamento Alagoas, Sergipe e Bahia – Projeto Baixo São Francisco/Vaza-Barris*. Salvador: DNPM, Seção Geologia Básica, 13, 131 p.
- Souza L.H.F., Ferreira I.L., Rodrigues S.C. 2004. Cartografia digital aplicada ao mapeamento geomorfológico. Sociedade & Natureza, 12(24): 133-144.
- SRH. 2014. Atlas Digital sobre Recursos Hídricos (SEPLAN/SRH). Shape. CD-ROM.
- Teixeira L. R. 2014. Mapa geológico e de recursos minerais do estado de Sergipe (1/250.000). Aracaju, CODISE.
- Theler D. and Reynard E. 2011. Geomorphological mapping - methods and applications. Developments in Earth Surface Processes. Amsterdam, Elsevier. (Vol. 15) 612p. Acessado em data 14/04/2015 no site <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-53446-0.00016-1>.
- Valeriano M.M. 2008. Dados topográficos. In: Florenzano T.G. (ed.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais, 3, São Paulo, Oficina de Textos, 2008. p. 72-104.
- Xavier J.S. 2011. Geoprocessamento e Meio Ambiente. Rio de Janeiro/RJ, Bertrand Brasil, 324 p.
- Zhou Q.L.B. and Tang G. 2008. Advances in digital terrain analysis. Berlin/Germany, Springer-Verlag, 462 p.